نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۹۸-۸۷

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 87-98

ارزیابی وضعیت شاخص سبزینگی گوجه و خیار گلخانه‌ای با استفاده از حسگرهای غیرمخرب

بهنام سپهر[۱]- حسنا محمدی منور[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۶

چکیده

تکنیک‌های کشاورزی دقیق در یک محیط گلخانه‌ای به افزایش کیفیت محصول نهایی، کاهش هزینه‌های استفاده از کود و جلوگیری از رواناب نیتروژن کمک می‌کند. حسگرهای نوری با اندازه‌گیری بازتاب یا جذب از برگ‌های سبز ابزاری سریع و غیرمخرب برای محاسبه محتوای سبزینگی و کلروفیل گیاه هستند. هدف از این تحقیق، بررسی قابلیت اطمینان شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) اندازه‌گیری‌شده توسط حسگر سبزینه‌سنج (GreenSeeker) به‌عنوان شاخص غیرمستقیم وضعیت سبزینگی گوجه و خیار گلخانه‌ای و مقایسه عملکرد این حسگر با کلروفیل‌متر (SPAD) بود. آزمایش در بهار سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. گوجه‌فرنگی و خیار با تیمارهای کود اوره صفر، ۰/۰۲۸، ۰/۱۳۸، ۰/۳۵۹ و ۰/۶۰۷ گرم بر لیتر با محتوای ۴۶٪ نیتروژن کوددهی گردید. ۷۱ روز پس از کاشت، تیمارهای یک تا سه با کود اضافی تحت درمان قرار گرفتند. تعداد برگ گیاهان در پایان هر مرحله از داده‌برداری شمارش شدند. رابطه رگرسیونی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده با نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. در گوجه و خیار به‌ترتیب میزان کود و NDVI ۰/۹۵ و ۰/۵۷ و کلروفیل قرائت‌شده به‌طور متوسط همبستگی ۰/۶۵ و ۰/۶۰ داشتند.

واژه‌های کلیدی: سبزینه‌سنج، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)، کلروفیل‌متر، کلروفیل، نیتروژن

مقدمه

در تولید محصولات کشاورزی، نیتروژن یکی از مهم‌ترین نهاده‌ها به‌شمار می‌رود که تأثیر زیادی در رشد گیاه، عملکرد محصول و کیفیت محصول دارد (Campillo *et al.*, 2010). نیاز محصولات به نیتروژن در نقاط مختلف مزرعه، به دلیل تفاوت در شرایط خاک، متغیر است (Kitchen *et al.*, 2010). بهینه‌سازی مقدار مصرف نیتروژن یکی از روش‌های مهم در افزایش عملکرد محصول و بهبود فرآیند فتوسنتز گیاهان زراعی است (Hunt Jr *et al.*, 2012). ناهماهنگی بین مقدار کوددهی و مقدار نیتروژن مورد نیاز محصول می‌تواند باعث مختل شدن رشد گیاه و اثرات مخرب زیست‌محیطی گردد که در نتیجه بازده استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد و زیان‌های اقتصادی نیز به همراه دارد (Miao *et al.*, 2007). مصرف بیشتر و یکنواخت کود با اینکه می‌تواند سود بیشتری را عاید کشاورز کند ولی چون به‌صورت بهینه مصرف نشده باعث افزایش هزینه تولید و اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌شود. موارد زیادی از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی به نیترات گزارش‌شده است که یکی از مهم‌ترین دلایل آن مصرف بیش از اندازه کود نیتروژن و درنتیجه نفوذ آن به آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بنابراین مدیریت بهینه کود نیتروژن علاوه‌بر افزایش عملکرد کمی و کیفی و رطوبت محصول (Kordi *et al.*, 2014)، اثرات مخرب زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند (Padilla *et al.*, 2016). در نتیجه سنجش دقیق نیتروژن بر اساس نیاز گیاه در زمان و مکان موردنظر از راه‌حل‌های مناسب برای مدیریت مصرف آن می‌باشد (Miao *et al.*, 2007). با مروری بر پیشرفت‌های اخیر (جدول ۱) مزایا و معایب سنجش نیتروژن در گیاهان بررسی و مشخص شد که نیتروژن نقش مهمی در چرخه زندگی گیاه ایفا می‌کند و برگ برای تولید کلروفیل نیاز اساسی به نیتروژن دارد (Muñoz-Huerta *et al.*, 2013). استفاده از روش‌های مخرب تشخیص میزان نیتروژن گیاه یا خاک وقت‌گیر و هزینه‌بر است و برای مدیریت مزارع در فصول مختلف رشد گیاه مقرون‌به‌صرفه نیست و همچنین نمی‌توان از این روش برای مدیریت مکانی و لحظه‌ای کود و برای بخش‌های گسترده از مزارع بهره برد. مدیریت دقیق مزارع و محصولات نیاز به فناوری‌هایی دارد که بتوان به‌صورت لحظه‌ای و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hosna.mohamadi@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v9i1.67383

غیرمخرب مقدار کود موردنیاز گیاه را اندازه‌گیری کرد. حسگرهای نوری سریع و غیرمخرب در محاسبه محتوای سبزینگی گیاهان با اندازه‌گیری بازتاب یا جذب برگ‌های سبز به‌کار می‌روند (Usha and Singh, 2013). برخی از حسگرهای سنجش N که به‌صورت تجاری در دسترس هستند شامل CropSpecTM، AgLeader، Yara، Isaria و GreenSeeker می‌باشند. از آنجا که ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌ها انباشته می‌شود، نتیجه گرفته می‌شود که میزان کلروفیل و میزان نیتروژن کل در گیاهان ارتباط نزدیکی باهم دارند (Prost and Jeuffroy, 2007). با استفاده از ابزار کلروفیل‌متر می‌توان مقدار نیتروژن را به‌صورت غیرمخرب و منطقه‌ای در ذرت (Wu *et al*., 2012)، گلدان گل بنت قنسول[1] (Basyouni *et al*., 2015)، درخت سیب (Zhang *et al*., 2016) و کلم قرمز (Dunn *et al*., 2016) مدیریت کرد. با برآورد کلروفیل برگ جو در مراحل مختلف رشد با استفاده از شاخص طیفی به‌منظور کاهش پس‌زمینه‌ی خاک و اثرات تاج گیاه نشان داده شد که استفاده از کلروفیل‌متر هرچند روشی غیرمخرب است ولی غلظت کلروفیل را در سطح بزرگ‌تر نشان نمی‌دهد، بنابراین در سطوح بزرگ باید از روش سنجش از راه دور استفاده کرد (Yu *et al*., 2014). حسگر نوری سبزینه‌سنج[2] از راه دور مقدار NDVI را اندازه‌گیری می‌کند و برخلاف دستگاه کلروفیل‌متر اسپد[3] غیرتماسی است. در گلدان بنت قنسول علاوه بر کلروفیل‌متر از حسگر سبزینه‌سنج استفاده و میزان مصرف کود نیتروژن بررسی شد (Basyouni *et al*., 2015). همچنین تعیین زمان رسیدگی و برداشت زیتون با استفاده از حسگر سبزینه‌سنج و شاخص NDVI تعیین شد و نتایج نشان از افزایش عملکرد محصول داشت (Gertsis *et al*., 2013). درمورد گندم زمستانه نیز عملکرد حسگر سبزینه‌سنج سبب کاهش میزان کود نیتروژن مصرفی در مزرعه گردید (Samborski *et al*., 2016). گیاهان مورد مطالعه این پژوهش خیار و گوجه گلخانه‌ای از مهم‌ترین محصولات جالیزی و گلخانه‌ای به‌حساب می‌آیند. به‌منظور مدیریت کود نیتروژن این محصولات به روش‌های مخرب و یا توسط سایر حسگرها پژوهش‌هایی گزارش شده است. مدیریت مصرف کود نیتروژن بر روی گوجه گلخانه‌ای بعد از سه فصل از رشد گوجه باعث توسعه خوشه و کاهش انتشار اکسید نیتروژن شد و افزایش مصرف نیتروژن باعث از بین رفتن طعم میوه و افزایش انتشار اکسید نیتروژن گردید (He *et al*., 2007). همچنین بررسی همبستگی شاخص سبزینگی[4] (VI) و مقدار نیتروژن مورد نیاز گوجه نیز مطالعه شد (Gianquinto *et al*., 2011). از طرف دیگر، در سنجش میزان کلروفیل برگ خیار و رابطه آن با میزان نیتروژن حسگر فلورسنس Multiplex به‌کار رفت. نتایج نشان داد شاخص فلورسنس کلروفیل برگ و میزان رنگدانه‌های آن عوامل تعیین‌کننده بر سنجش میزان بهینه نیتروژن در خیار هستند (Padilla *et al*., 2016). میزان رشد بوته‌های خیار و عملکرد آن نیز با شاخص سبزینگی توسط حسگر CropCircle اندازه‌گیری شد و کوددهی را تسهیل نمود (Padilla *et al*., 2017). مطابق منابع ارائه شده کاربرد برخی از حسگرهای نوین در سنجش میزان نیتروژن گزارش شده درحالی‌که حسگر سبزینه‌سنج تاکنون بر روی گوجه و خیار مورد مطالعه قرار نگرفته است. هدف از این پژوهش بررسی قابلیت اطمینان حسگر سبزینه‌سنج در مقایسه با اسپد در مدیریت رشد خیار و گوجه و جلوگیری از مصرف بی‌رویه کود نیتروژن بود زیرا کوددهی زیاد سبب افزایش هزینه تولید و همچنین انباشته شدن نیتروژن در محصول و خاک می‌شود.

مواد و روش‌ها

محل و زمان اجرای طرح

عملیات اجرای این طرح در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. این گلخانه از جنس پلی‌کربنات و به مساحت سه متر مربع در مکانی با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، ۱۸۴۴ متر ارتفاع از سطح دریا و با شدت نور ۸۵۷۴۵ لوکس قرار داشت. تعداد ۱۹۱ نشا در تاریخ ۲۰۱۷/۰۴/۳۰ در خاکی با بافت شنی لومی رسی با pH ۶/۸۹ کشت شد. بذرهای گوجه رقم متین و خیار رقم ناهید در سینی نشاء به مدت ۲۰ روز کاشته شد (۲۰۱۷/۰۴/۱۰) و سپس از روز ۲۱ نشاءها (۱۰۰ عدد گوجه و ۹۱ عدد خیار) به داخل گلدان انتقال داده شدند. هر گلدان با ۳ kg خاک الک شده و لایه زیرین هر گلدان با سنگ برای زهکشی بهتر پر شدند. پیش از شروع آزمایشات، خاک مورد استفاده تجزیه و تحلیل شد. ترکیبات خاک در جدول ۲ آمده است.

گلدان‌ها هر روز آبیاری شدند. مقدار ۵۰ ml آب برای هر گلدان به‌طور یکنواخت به‌منظور حفظ رطوبت خاک استفاده شد. برای کنترل دما و رطوبت از دماسنج–رطوبت‌سنج مدل HTC-2 (چین) که دارای حسگر خارجی برای کنترل دما و رطوبت خاک نیز بود، استفاده گردید. برای کالیبره شدن دستگاه از ترموکوپل‌های مدل Platinum sensor, Pt-100Ω Thermocouple, Type K/J/T/E/R و Standard st-131 استفاده گردید. داده‌برداری توسط حسگرها ۲۱ روز پس از کاشت بذر و هر هشت روز یکبار انجام شد. به‌منظور ایجاد شرایط یکسان برای گیاهان یک مرحله کوددهی کنترلی (روز ۲۹ و داده‌برداری آن روز ۳۶) به مقدار مساوی برای تمامی تیمارها اعمال گردید.

1- Poinsettia
2- GreenSeeker
3- SPAD
4- Vegetation Index

جدول ۱- مزایا و معایب سنجش نیتروژن به روش‌های مختلف (Muñoz-Huerta *et al*., 2013)

Table 1- Advantage and disadvantage of Nitrogen measurement with different methods (Muñoz-Huerta *et al*., 2013)

روش‌ها Methods			مزایا Advantages	معایب Disadvantages
آنالیز بافت Tissue analysis		Kjeldahl digestion	روش مرجع برای تخمین نیتروژن (پروتئین، اسیدهای آمینه و غیره)	مهاجم و مخرب، زمان‌بر و سمی و نیاز به آماده‌سازی نمونه‌ها
		Dumas combustion	بدون تلفات نیتروژن	مخرب، نیاز به پردازش نمونه‌ها به خاطر احتراق
حسگرهای نوری-در سطح برگ Optical meters- Leaf level	Transmittance	SPAD	غیر تهاجمی، همبستگی بالا بین کلروفیل و نیتروژن و قابل حمل	عدم تشخیص عدد محصولات اشباع از ازت به دلیل اشباع کلروفیل
	Fluorescence	Dualex	حذف سیگنال‌های نادرست در خاک،	
		Multiplex	تمایز بین تیمارهای نیتروژن در سایه و نور خورشید، قابل حمل، توانایی تشخیص کمبود ازت و ضد آب	عدم کاربرد در مزارع بزرگ
حسگرهای نوری-تاج پوشش گیاهی Optical meters- Canopy level	Ground-based	Passive sensors: FieldSpec CropScan LI 1800	توانایی بررسی منطقه‌ای وسیع	نیاز به کالیبراسیون و وابستگی به نور خورشید
		Digital cameras	عدم نیاز به ابزار پیچیده	وابستگی به نور خورشید
		Active sensors: GreenSeeker Yara N-Sensor CropCircle	عدم وابستگی به نور خورشید مانند GreenSeeker، تشخیص تغییر در تاج محصول با توجه به سطح نیتروژن حتی در حالت اشباع نیتروژن	گران‌قیمت
	Satellite-mounted	QuickBird	تجزیه داده‌ها در ابتدا	تصاویر گران‌قیمت، تداخل با شرایط جوی
سنجش با سامانه‌های الکتریکی Sap and electrical meters		Nitrate test strips	همبستگی بالا بین غلظت نیتروژن و غلظت نیترات شیره گیاهی، ارزان و قابل‌حمل، اندازه‌گیری سریع	تغییرات نیترات ناشی از قرار گرفتن در معرض نور، مخرب و بدون قابلیت تکرار
		Nitrate ISE	اندازه‌گیری محتوای نیتروژن با استفاده از یون نیترات در شیره گیاهان	حساسیت به یون‌های دیگر مانند کلرید، بی‌کربنات و نیترید، وابستگی غلظت نیترات به متغیرهای دیگر (مانند تغییرات روزنه و روش نمونه‌گیری)، مخرب و نیاز به کالیبراسیون
		Electrical impedance spectroscopy	اندازه‌گیری مستقیم از طریق خواص الکتریکی	مهاجم

برای جلوگیری از کمبود سایر عناصر در گیاه در روز ۴۳ام از کـود هیومی فول (اسیدهیومیک) مخصوص صیفی‌جات به مقدار ۰/۵ g l^{-1} برای تمامی تیمارها استفاده شد. اسید هیومیک- اسید فولیک در گیاه باعث برطرف شدن نیاز گیاه به سایر عناصر مغذی شـده و در نتیجـه وزن و کیفیت میوه افزایش پیدا می‌کند (Unlu *et al*., 2011). پس از اعمال هیومی فول در چهار مرحله کود اوره به تیمارها داده شد. بـه‌منظـور جبران کمبود نیتروژن، در تاریخ ۲۰۱۷/۰۶/۱۷ بـه تیمارهـای تحـت تـنش (تیمارهای یک، دو و سه) کود درمانی معادل ماکزیمم کـود دریـافتی سـایر تیمارها افزوده شد (Basyouni *et al*., 2015). مقدار کود درمـانی تیمـار اول تا سوم به‌ترتیب ۲/۴۳، ۲/۳۲ و ۱/۹۱ گرم بر لیتر کود اوره محلول بود.

حسگرهای نوری

سبزینه‌سنج

حسگر سبزینه‌سنج یک سنجنده فعال نوری مـی‌باشـد کـه بـرای سنجش سلامت گیاه از طریق انـدازه‌گیـری NDVI بـه‌کـار مـی‌رود. NDVI در مطالعات فراوانی به‌کار رفته است و با دقت بالایی می‌تواند

نیتروژن مورد نیاز گیاه را تخمین بزند (Vouillot *et al.*, 1998). رابطه (۱) محاسبه NDVI را در سبزینه‌سنج نشان می‌دهد. اعداد به‌دست‌آمده به‌وسیله سبزینه‌سنج می‌توانند برای تصمیم‌گیری در خصوص میزان کود موردنیاز گیاه استفاده شوند و در نتیجه راندمان استفاده از کود شیمیایی افزایش یابد (Salehi *et al.*, 2015). مقادیر NDVI از صفر تا ۰/۹۹ متغیر است. هرچه این عدد بیشتر باشد، گیاه از سلامت بیشتری برخوردار است (Basyouni *et al.*, 2015). حسگر سبزینه‌سنج نور قرمز (R_{red}) و مادون‌قرمز (R_{nir}) را در محدوده 15 nm ±660 و 15 nm ±770 به‌ترتیب از خود ساطع و سپس میزان انعکاس نور برگشت داده‌شده از روی گیاه را اندازه‌گیری می‌کند. تا زمانی که حسگر روشن باشد، به نمونه‌گیری بر روی سطح گیاهی ادامه می‌دهد و در نهایت میانگین آن به‌عنوان شاخص سبزینگی نمایش داده می‌شود. این دستگاه بایستی در فاصله ۱۲۰-۶۰ سانتی‌متری بالای پوشش گیاهی به‌کار گرفته شود.

$$NDVI=\frac{R_{nir}-R_{red}}{R_{nir}+R_{red}} \quad (۱)$$

جدول ۲- مواد تشکیل‌دهنده خاک

Table 2- Soil ingredients

فاکتورهای خاک Soil features	مقدار Amount
pH	6.89
هدایت الکتریکی (EC)	0.2 ds m^{-1}
کلسیم (Ca)	15 mg lit^{-1}
منیزیم (Mg)	3 mg lit^{-1}
کلر (Cl)	35.4 mg lit^{-1}
پتاسیم (K)	27.89 mg lit^{-1}
فسفر (P)	2.8 mg lit^{-1}
نیتروژن (N)	0.155 mg g^{-1}

کلروفیل متر

نحوه کار کلروفیل‌متر بدین ترتیب است که در قسمت اول تولیدکننده نور[1] قرار داشته و نور قرمز و مادون‌قرمز تولید می‌کند و نور پس از گذشتن از نمونه برگ به یک سری گیرنده[2] و مبدل رسیده که نور عبوری را به علائم الکتریکی آنالوگ و سپس دیجیتال تبدیل می‌کند. باید توجه داشت که عدد SPAD به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد. این عدد همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد (Hasibni, 2007). نمونه‌برداری از ۳ نقطه از هر برگ انجام‌شد که نباید روی رگبرگ‌ها باشد. شکل ۱ حسگر سبزینه‌سنج و کلروفیل‌متر را نشان می‌دهد.

کجلدال

در روش کجلدال، ازت آمونیاکی (4NH-N) ماده آلی بر اثر ترکیب با اسیدسولفوریک غلیظ به‌صورت سولفات آمونیوم درآمده، آمونیوم حاصل پس از ترکیب با سود غلیظ در دستگاه تقطیر به گاز آمونیاک تبدیل گشته و گاز حاصل سپس به‌وسیله اسید بوریک جمع‌آوری می‌شود. سرعت فعل‌وانفعالات فوق با افزایش دما و در حضور کاتالیزور فزونی می‌یابد. در عمل، به‌منظور افزایش دما، از سولفات پتاسیم و یا سولفات سدیم استفاده می‌شود. در پایان باز تشکیل‌شده با کمک اسیدسولفوریک رقیق (۰/۰) تیتر گردیده و بدین ترتیب مقدار کل ازت خاک و یا گیاه مطابق رابطه (۲) تعیین می‌شود (ISIRI Number 7832). بررسی نیتروژن برگ در آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد.

$$Wn=[(v_1-v_0)\times c(H^+)\times Mn/m\times(100+WH_2O)]/100 \quad (۲)$$

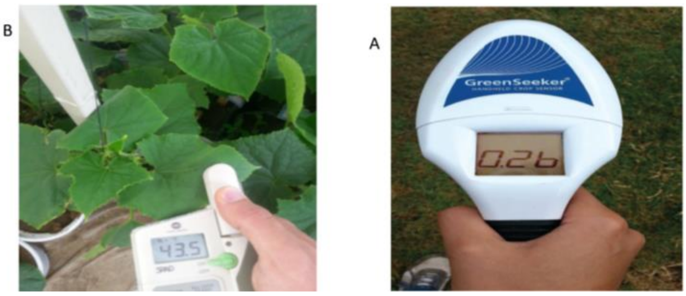
تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر روی نیتروژن اندازه‌گیری شده از آزمون شیمیایی کجلدال و داده‌های به‌دست آمده از حسگرهای SPAD و GreenSeeker در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در مراحل رشد برای مقایسه داده‌ها انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن IBM SPSS Statistic 23 (2017) انجام شد. در این طرح تاثیر کود در چهارسطح و زمان کوددهی در پنج هفته (دوره رویشی) بر روی سبزینگی و NDVI دو گیاه خیار و گوجه بررسی گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. تمامی داده‌ها نرمال بودند و معیار تصمیم برای تمامی متغیرها بیشتر از ۰/۵ به‌دست آمد.

نتایج و بحث

اثر کوددهی تیمارها بر روی قرائت کلروفیل و NDVI

مراحل داده‌برداری بدون کوددهی (روزهای ۲۲ و ۲۹) و با کوددهی (روزهای ۵۰ تا ۷۱) در شکل ۲ نشان داده شده است. تغییرات ناچیز NDVI گوجه و خیار در روز ۲۲ و ۲۹ به دلیل تغییر شرایط محیطی (انتقال نشاء به گلخانه) و عدم تطابق گیاه با این شرایط بود. کاهش و افزایش NDVI در روزهای پیش از کوددهی تیمارهای مختلف خیار و گوجه به علت افزایش تعداد برگ و پوشش گیاهی گلدان‌ها بود زیرا در روز ۳۷ اسید هیومیک اعمال شد که شامل ۱۰٪ نیتروژن بود که در روز ۴۳ اندازه‌گیری شد (Unlu *et al.*, 2011). از روز ۵۰ تا ۶۴ مقدار قرائت تیمارها به دلیل اعمال کود نیتروژن سیر صعودی دارند. در روز ۷۱ به دلیل گلدهی بوته‌های خیار، گیاه از ازت اشباع شد و مقادیر NDVI تمامی تیمارها کاهش یافتند و تقریباً در یک سطح دیده شدند (Basyouni *et al.*, 2015).

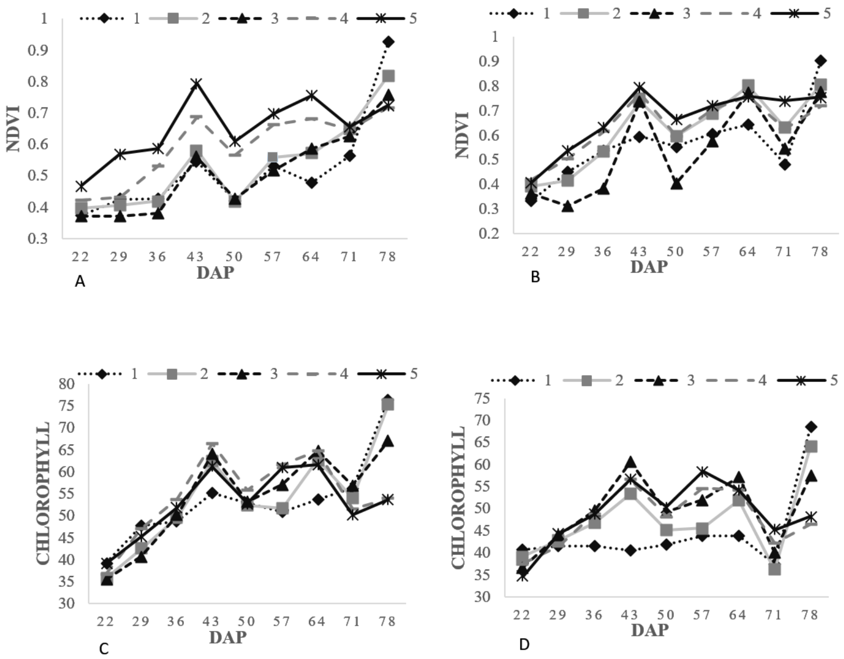
1- Illuminating
2- Receptors



شکل ۱ – A: حسگر سبزینه‌سنج و B: کلروفیل‌متر بر روی برگ خیار

Fig. 1. A: GreenSeeker sensor and B: SPAD on cucumber leaves

در بررسی NNI (Nitrogen Nutrient Index) و NDVI خیار، افت ناگهانی از ۴۰ روز پس از انتقال نشاء دیده شد (Padilla *et al.*, 2017) که مطابق با روز هفتادم پس از کاشت می‌باشد. به دلیل اعمال شدن کود درمانی برای تیمار یک تا سه در روز ۷۱ام، این سه تیمار در روز ۷۸ برای گوجه و خیار، بالاترین میزان قرائت را نشان دادند که افزایش بیشتر تیمار اول به خاطر بیشتر بودن سطح کود درمانی (۲/۴۲۸ گرم بر لیتر) تیمار شاهد بود (Ruiz and Romero, 2000). در تیمار گوجه افزایش کلروفیل تا روز ۴۳ برای تمامی تیمارها به چشم می‌خورد که به دلیل قرار گرفتن گلدان‌ها در طبقه بالایی میزها درون گلخانه بود. برای کم کردن اثر نور در گلخانه از سایه‌بان استفاده گردید. علت کاهش تیمار اول در روز ۴۳ جذب نیتروژن توسط خاک به علت عدم دریافت کود در تیمار شاهد بود. کلروفیل تیمار اول تا سوم پس از دریافت کود درمانی در خیار و گوجه، نسبت به دو تیمار دیگر افزایش چشمگیر داشت.



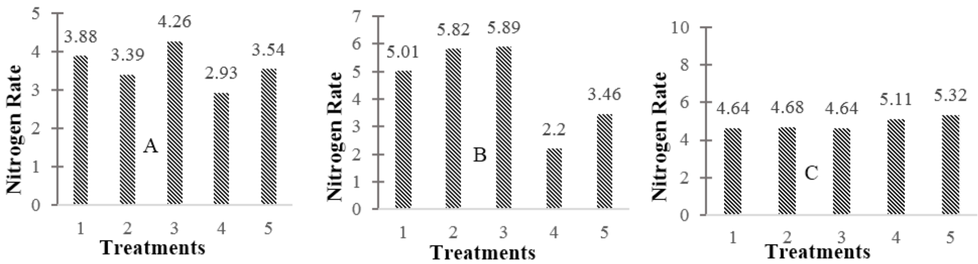
*DAP is abbreviation of Days After Planting

شکل ۲– قرائت NDVI و کلروفیل در دوره رشد، A و C: گوجه، B و D: خیار در تیمارهای یک تا پنج

Fig. 2. NDVI and chlorophyll readings during growth stages, A and C: tomato, B and D: cucumber in 1st to 5th treatments

اندازه‌گیری نیتروژن برگ تیمارها در روز ۷۸ توسط ستون کجلدال انجام شد (شکل ۳). در شکل ۳ الف، تیمار اول تا سوم برگ خیار مقدار نیتروژن بیشتری را نشان می‌دهند که به علت دریافت کود درمانی می‌باشد. در شکل ۳ ب، همین روند برای تیمار اول تا سوم گوجه نیز مشاهده می‌شود (Prost and Jeuffroy, 2007). تیمار چهار و پنج نسبت به تیمارهای یک تا سه، به دلیل عدم دریافت کود

درمانی درصد نیتروژن پایین‌تری را نشان می‌دهند. ازآنجاکه میزان کود دریافتی تیمار پنج در دوره رشد بیش از تیمار چهار در دوره رشد بود میزان نیتروژن در هر دو گیاه خیار و گوجه در تیمار پنجم کمی بیشتر مشاهده شد. شکل ۳ ج، میزان نیتروژن مشاهده شده در میوه خیار را نشان می‌دهد که اختلاف ناچیزی در تیمارها دیده می‌شود. علت افزایش نیتروژن در میوه تیمار چهارم و پنجم نسبت به تیمار اول، دوم و سوم دریافت بیشتر کود به‌صورت تدریجی در طی دوره رشد و ذخیره شدن نیتروژن در میوه آن‌ها می‌باشد. طبق شکل ۳ میوه خیار تیمار سه کمترین انباشت نیتروژن را نشان می‌دهد در نتیجه برنامه کوددهی این تیمار برای خیار گلخانه‌ای پیشنهاد می‌گردد. البته اندازه‌گیری نیتروژن میوه قبل از اعمال کود درمانی و بررسی سایر فاکتورهای مغذی میوه برای تصمیم‌گیری نهایی ضروری بود.



شکل ۳- میزان قرائت کجلدال A- خیار، B- گوجه و C- میوه‌ی خیار بعد از اعمال کود نیتروژن

Fig. 3. Kjeldahl readings after applying Nitrogen supplementary A. Cucumber, B. Tomato, C. Cucumber fruit

از آنجا که تیمار شاهد کودی دریافت نکرد، مطابق جدول ۳ ضرایب همبستگی بین میزان کود و قرائت NDVI تیمارهای دو تا پنج به‌دست آمده است. برای خیار ضرایب نشان می‌دهد که بین میزان کود و NDVI تیمار دوم ۵۰ درصد، تیمار سوم ۵۷ درصد، تیمار چهارم ۲۰ درصد و تیمار پنجم ۶۵ درصد همبستگی وجود دارد. برای گوجه بین میزان کود و NDVI تیمار دوم ۹۵ درصد، تیمار سوم ۹۵ درصد، تیمار چهارم ۶۸ درصد و تیمار پنجم ۳۳ درصد همبستگی وجود دارد. همبستگی پایین تیمار چهارم خیار و تیمار چهارم و پنجم گوجه به کم بودن نیتروژن برگ (نتیجه آزمایش کجلدال) و اشباع میوه از نیتروژن بود (Padilla *et al.*, 2014). مقدار متوسط NDVI به‌دست آمده از سبزینه‌سنج در گیاه خیار در طول رشد هر تیمارها تقریباً افزایشی بود. در برخی از تیمارها در روزهای ۶۴ و ۷۱ پس از کاشت نوسان دیده شد که به علت وارد شدن گیاه به مرحله میوه‌دهی و زایشی بود (Padilla *et al.*, 2017)، تغییرات کلروفیل در خیار نیز مانند NDVI بود. همبستگی کود با میزان کلروفیل و NDVI در خیار در تیمارها به‌جز چهار افزایشی است. درحالی‌که در گوجه تقریباً این روند کاهشی است که می‌توان آن را به تفاوت نیاز این دو محصول به میزان کود مربوط دانست.

جدول ۳- ضریب همبستگی بین میزان کود با کلروفیل و NDVI

Table 3- Correlation coefficient between fertilizer rate with chlorophyll and NDVI

تیمار Treatment	خیار Cucumber		گوجه Tomato	
	کلروفیل	NDVI	کلروفیل	NDVI
دوم Second	0.505	0.495	0.797	0.947
سوم Third	0.604	0.573	0.663	0.953
چهارم Forth	0.190	0.204	0.572	0.678
پنجم Fifth	0.651	0.646	0.457	0.326

در جدول ۴ معادله رگرسیونی با استفاده ضرایب استاندارد نشده برای شاخص NDVI خیار و گوجه براساس میزان کود اعمال شده به تیمارها با نرم افزار SPSS به‌دست آمد. می‌توان گفت با ارتقاء یک واحد از هر متغیر مستقل به میزان ضریب نوشته شده متغیر وابسته ارتقاء پیدا کرد، یا به عبارتی با ارتقاء یک واحد میزان کود، در خیار تیمار دوم ۰/۱۸۶، تیمار سوم ۰/۳۵۶، تیمار چهارم ۰/۰۵۳ و تیمار

پنجم ۰/۰۹۷ و بـرای گوجـه تیمـار دوم ۰/۵۴۶، تیمـار سـوم ۰/۴۶۳، تیمار چهارم ۰/۱۵۰ و تیمار پنجم ۰/۰۷۳ واحد انحراف معیـار NDVI افزایش یافت. ایـن افـزایش در مقـادیر محاسـبه شـده نمایـان اسـت درنتیجه رابطه همسو است.

جدول ٤- مدل رگرسیون خطی کود و NDVI

Table 4- Linear regression model of fertilizer and NDVI

تیمار Treatment	خیار Cucumber: رابطه رگرسیون خطی Linear regression	خیار Cucumber: مقدار محاسبه شده Calculated amount	گوجه Tomato: رابطه رگرسیون خطی Linear regression	گوجه Tomato: مقدار محاسبه شده Calculated amount
دوم Second	Y = 0.662 + (0.186)*X	0.667	Y = 0.480 + (0.546)*X	0.495
سوم Third	Y = 0.534+ (0.356)*X	0.583	Y = 0.478 + (0.463)*X	0.541
چهارم Forth	Y = 0.669+ (0.053)*X	0.688	Y = 0.621 + (0.150)*X	0.674
پنجم Fifth	Y = 0.705+ (0.097)*X	0.763	Y = 0.673 + (0.073)*X	0.717

عملکرد شاخص‌ها در دوره رشد

در جدول ۵ ضرایب همبسـتگی بـین میـزان NDVI و کلروفیـل تیمارهای یک تا پنج پیش و پس از اعمـال کـود درمـانی نشـان داده شده است. در مقایسه تیمارها پیش از کود درمانی تیمار شاهد کمترین مقدار را نشان داد که به علت عدم دسترسی گیاه به کود در دوره رشد بود. با افزایش مقدار کود در طول دوره رشد در تمامی تیمارها به‌غیر از تیمار چهار گوجه روند افزایشی مشـاهده گردیـد. بـا افـزایش NDVI نوسـان در مقـادیر کلروفیـل دیـده مـی‌شـود (Gianquinto *et al.*, 2011). در تیمارهای یک تا سه نیز با افـزودن کـود درمـانی ضـریب همبستگی افزایش یافت در تیمار سوم هر دو محصـول ایـن افـزایش ناچیز بود که به علت مقدار کمتر کود درمانی نسبت به دو تیمار دیگـر بود. همچنین تیمار سوم گوجه پـیش از اعمـال کـود درمـانی تقریبـاً بالاترین همبستگی را نشان می‌دهد که تأییدی بر نتایج کود در بخش قبل می‌باشد و در نتیجه می‌توان برنامه کودی این تیمار را الگـو قـرار داد. از آنجاکه گوجه در طول آزمایشات وارد مرحله گلـدهی و زایشـی نشد نتایج برای مرحله رویشی به این ترتیب اسـت کـه بـا توجـه بـه جدول ۵ و نتایج کود (شـکل ۳ ب) تیمارسـوم بـالاترین همبسـتگی و بیشترین انباشت نیتروژن را در برگ دارد.

جدول ۵- ضریب همبستگی بین NDVI و کلروفیل

Table 5- Correlation coefficient of NDVI and chlorophyll

تیمار Treatment	گوجه Tomato: BSF*	گوجه Tomato: ASF**	خیار Cucumber: BSF*	خیار Cucumber: ASF**
اول First	0.796	0.951	0.494	0843
دوم Second	0.796	0.951	0.639	0.714
سوم Third	0.832	0.845	0.775	0.774
چهارم Forth	0.792	—	0.872	—
پنجم Fifth	0.837	—	0.817	—

**,*منظور کود درمانی است که به تیمارهای ۱، ۲ و ۳ داده شد.

*BSF is abbreviation of before supplementary fertilizer

**ASF is abbreviation of after supplementary fertilizer

جدول۶ همبستگی تعداد برگ روییده هر بوته در هر گلـدان را بـا مقادیر قرائت شده توسط سبزینه‌سنج و کلروفیل‌متر نشان می‌دهـد. در

طول دوره رشد، هر هفته همزمان با داده‌برداری توسط حسگرها تعداد برگ تازه روییده نسبت به هفته پیش شمارش شد. در تمامی تیمارها به‌غیر از تیمار شاهد تعداد برگ روییده در گلدان‌های خیار و گوجه افزایشی بود. در تیمارهای یک تا سه افزایش مقدار ناگهانی کود، همبستگی را به‌طور چشمگیری افزایش داد. تعداد برگ با NDVI در خیار و گوجه همبستگی قابل قبولی ارائه داد.

جدول ٦- ضریب همبستگی بین تعداد برگ با NDVI و کلروفیل

Table 6- Correlation coefficient between leaf numbers with NDVI and chlorophyll

تیمار Treatment	خیار Cucumber				گوجه Tomato			
	کلروفیل Chlorophyll		NDVI		کلروفیل Chlorophyll		NDVI	
	BSF*	ASF**	BSF	ASF	BSF	ASF	BSF	ASF
اول First	-0.274	0.701	0.418	0.768	0.684	0.832	0.865	0.931
دوم Second	0.064	0.564	0.738	0.785	0.759	0.891	0.730	0.866
سوم Third	0.268	0.428	0.738	0.789	0.705	0.766	0.803	0.890
چهارم Forth	0.330	—	0.637	—	0.435	—	0.718	—
پنجم Fifth	0.372	—	0.637	—	0.496	—	0.960	—

**,*منظور کود درمانی است که به تیمارهای ۱، ۲ و ۳ داده شد.

*BSF is abbreviation of before supplementary fertilizer

**ASF is abbreviation of after supplementary fertilizer

از آنجا که تعداد برگ عاملی در افزایش شاخص سبزینگی گیاه می‌باشد این نتیجه منطقی بود (Basyouni *et al.*, 2015). مطابق جدول ۶ کلروفیل برگ‌های خیار همبستگی بسیار کمی نشان می‌دهند. از آنجا که کلروفیل به تنهایی شاخص مناسبی برای تشخیص نیاز کودی خیار (Padilla *et al.*, 2016) نبود شاخص توازن نیتروژن[1] (NBI) انتخاب گردید. این شاخص نسبت کلروفیل به رنگدانه برگ می‌باشد که در این پژوهش رنگدانه برگ اندازه‌گیری نشد.

نتیجه‌گیری

حسگرهای غیرمخرب و یا غیرتماسی مناسب برای کاربرد در کشاورزی دقیق و به‌ویژه سنجش نیتروژن خیار و گوجه گلخانه‌ای ارزیابی شدند. همچنین شاخص NDVI نسبت به غلظت کلروفیل اندازه‌گیری شده توسط SPAD ضریب همبستگی بالاتری با مقدار کود نشان می‌دهد. رابطه شاخص سبزینگی با تعداد برگ‌های تازه رشد نموده، در هر مرحله نیز ارزیابی گردید که در مرحله رویشی رابطه مستقیمی دیده شد اما با ورود به مرحله زایشی در تعداد برگ‌ها کاهش دیده شد. از طرف دیگر ضریب همبستگی میان دو شاخص مورد بررسی در این مقاله (NDVI و کلروفیل) در تمامی تیمارها در دوره رشد رویشی قابل قبول است و افزایش آن در مرحله کود درمانی نشان از اثر کود بر این رابطه دارد. همچنان که نتایج نشان داد با افزایش تعداد و اندازه برگ‌ها، NDVI همچنان افزایشی بود درحالی‌که غلظت کلروفیل رابطه دقیقی را نشان نداد.

پیشنهادات

درصورتی‌که گلدان‌ها تا انتهای دوره میوه‌دهی مورد بررسی قرار گیرند و همزمان خاک هم ارزیابی گردد می‌توان برنامه جامع کودی برای گوجه و خیار گلخانه‌ای پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه بوعلی سینا همدان جهت حمایت‌های مالی و معنوی قدردانی می‌نمایند. همچنین از دکتر خلیل زابلی برای همکاری در انجام تست کجلدال نمونه‌ها تقدیر به‌عمل می‌آید.

1- Nitrogen Balance Index

References

1. Basyouni, R., B. Dunn, and C. Goad. 2015. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima L.* (*Willd. ex Klotzsch*)) production. Scientia Horticulture192: 47-53.
2. Campillo, R., C. Jobet, and P. Undurraga. 2010. Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-Inia in Andisoles of southern Chile. Chilean Journal of Agricultural Research 70 (1): 122-131.
3. Dunn, B., A. Shrestha, and C. Goad. 2016. Use of Nondestructive Sensors to Quantify Ornamental Kale Nitrogen Status. Journal of Plant Nutrition 39: 1123-1130
4. Gertsis, A., D. Fountas, I. Arpasanu, and M. Michaloudis. 2013. Precision agriculture applications in a high density olive grove adapted for Mechanical Harvesting in Greece. Procedia Technology 8: 152-6.
5. Gianquinto, G., F. Orsini, M. Fecondini, M. Mezzetti, P. Sambo, and S. Bona. 2011. A methodological approach for defining spectral indices for assessing tomato nitrogen status and yield. Agronomy 35 (3): 135-43.
6. He, F., Q. Chen, R. Jiang, X. Chen, and F. Zhang. 2007. Yield and nitrogen balance of greenhouse tomato (*Lycopersicum esculentum Mill.*) with conventional and site-specific nitrogen management in Northern China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 77: 1-14.
7. Hasibi, P. 2007. Physiological study of the effect of cold stress on seedling stage of different genotypes of rice. PhD thesis, Faculty of Agriculture. Shahid Chamran University, Ahvaz. Iran.
8. Hunt Jr, E. R., P. C. Doraiswamy, J. E. McMurtrey, S. T. C. Daughtry, M. E. Perry, and B. Akhmedov. 2013. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information 21: 103-112.
9. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI Number 7832), Soil quality–Determination of total nitrogen–Modified kjeldahl method. 1st revision.
10. Kitchen, N. R., K. A. Sudduth, S. T. Drummond, P. C. Scharf, H. L. Palm, D. F. Roberts, and E. D. Vories. 2010. Ground-based canopy reflectance sensing for variable-rate nitrogen corn fertilization. Agronomy 102: 71-84.
11. Kordi, S., A. Fadavi, M. Eskandari, M. Berari, M. Rafiee, and A. Ashraf Mehrabi. 2014. Effect of *Urea* fertilization and moisture of harvesting time on final mechanical properties of dried corn. Journal of Agricultural Machinery 4 (1): 1-10.
12. Miao, Y., D. J. Mulla, J. A. Hernandez, M. Wiebers, and P. C. Robert. 2007. Potential impact of precision nitrogen management on corn yield, protein content, and test weight. Soil Science Society of America Journal 71: 1490-1499.
13. Muñoz-Huerta, R. F., R. G. Guevara-Gonzalez, L. M. Contreras-Medina, I. Torres-Pacheco, J. Prado-Olivarez, and R. V. Ocampo-Velazquez. 2013. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. Sensors 13 (8): 10823-10843.
14. Padilla, F. M., M. T. Peña-Fleitas, M. Gallardo, and R. B. Thompson. 2014. Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavones and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. Agronomy 58: 39-52.
15. Padilla, F. M., M. T. Peña-Fleitas, M. Gallardo, and R. B. Thompson. 2016. Proximal optical sensing of cucumber crop N status using chlorophyll fluorescence indices. Agronomy 73: 83-97.
16. Padilla, F. M., M. T. Peña-Fleitas, M. Gallardo, and R. B. Thompson. 2017. Determination of sufficiency values of canopy reflectance vegetation indices for maximum growth and yield of cucumber. Agronomy 84: 1-15.
17. Prost, L., and M. H. Jeuffroy. 2007. Replacing the nitrogen nutrition index by the chlorophyll meter to assess. Agronomy for Sustainable Development 27 (4): 321-330.
18. Rambo, L., B. L. Ma, Y. Xiong, and P. Regis Ferreira da Silvia. 2010. Leaf and canopy optical characteristics as crop-N-status indicators for field nitrogen management in corn. Plant Nutrition and Soil Science 173 (3): 434-443.
19. Ruiz, J. M., and L. Romero. 2000. Nitrogen metabolism and yield response of cucumber (*Cucumis sativus* L *cv Brunex*) plants to phosphorus fertilization. The Science of Food and Agriculture 80 (14): 2069-2073.
20. Salehi, M., A. Kouchaki, and M. Nasiri Mahalati. 2005. Leaf nitrogen and chlorophyll content as

indicators for salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research 2 (1): 25-33.
21. Samborski, S. M., D. Gozdowski, M. Stępień, O. S. Walsh, and E. Leszczyńska. 2016. On-farm evaluation of an active optical sensor performance for variable nitrogen application in winter wheat. European Journal of Agronomy 74: 56-67.
22. Tremblay, N., M. Bouroubi, P. Vigneault, and C. Belec. 2011. Guidelines for in-season nitrogen application for maize (*Zea mays L.*) based on soil and terrain properties. Field Crops Research 122: 273-283.
23. Unlu, H. O., U. Husnu, and Y. Karakurt. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays 6 (13): 2800-2803.
24. Usha, K., and B. Singh. 2013. Potential applications of remote sensing in horticulture, a review. Scientia Horticulture 153: 71-83.
25. Vouillot, M. O., P. Huet, and P. Boissard. 1998. Early detection of N deficiency in a wheat crop using physiological and radiometric methods. Agronomie 18: 117-130.
26. Wu, C., Z. Niu, and S. Gao. 2012. The potential of satellite derived green chlorophyll index for estimating midday light use efficiency in maize, coniferous forest and grassland. Ecological Indicators 14: 66-73
27. Yu, K., V. Lenz-Wiedemann, X. Chenand, and G. Bareth. 2014. Estimating leaf chlorophyll of barley at different growth stages using spectral indices to reduce soil background and canopy structure effects. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 97: 58-77.
28. Zhang, Y., L. Zheng, H. Sun, and W. Yang. 2015. An optical detector for determining chlorophyll and nitrogen concentration based on photoreaction in apple tree leaves. Intelligent Automation and Soft Computing 21 (3): 409-421.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 87-98

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۹۸-۸۷

Evaluation of Vegetation Index of Greenhouse Tomato and Cucumber using non-destructive Sensors

B. Sepehr[1]- H. Mohamadi Monavar[2*]

Received: 12-09-2017
Accepted: 07-11-2017

Introduction

One of the most important factors in agricultural production is nitrogen which has a great impact on plant growing, yield performance and plant quality production. The optimum amount of nitrogen fertilizer is varied from fields to fields. There are some time consuming and costly ways to measure the nitrogen content of plants or soil, which are inappropriate for extended field or for a long growing season. Fast and remote optical sensors calculate greenness of plant using reflectance or absorbance of light from green leaves. Measuring chlorophyll with SPAD managed the nitrogen requirement for maize, Poinsettia and Nagoya Red. Whereas SPAD was not a suitable choice for chlorophyll measurement at the end of growing period. Therefore, GreenSeeker was applied as a non-contact to record the NDVI of tomato's and cucumber's leaves. The purpose of this research was the evaluation of GreenSeeker ability to estimate nitrogen requirement and then the plant health.

Materials and Methods

The study was performed on Matin and Nahid cultivars of tomato and cucumber, respectively. The pots were 291 and filled with 3 kg sieved soil. The bottom layer of each pot was filled with stone for better drainage. Before planting, the soil was analyzed in order to define the ingredients. All pots put in the greenhouse with polycarbonate structure in two floors. Measurements were repeated every week with SPAD and GreensSeeker and fertigation was started 50 days after planting (DAP). In order to provide other nutrient elements, all pots got Humic-acid at 37DAP and the effect was measured in 43rd DAP. Fertigation was continued until 71st DAP and first, second and third treatments were supplemented with extra fertilizer to reach the amount of fertilizer to fifth treatment. To calculate Total Nitrogen (TN), the concentrations of nitrate-N and nitrite-N are determined and added to the total Kjeldahl nitrogen. Chlorophyll meter (SPAD) and GreenSeeker optical sensor have become available for site-specific and need-based N management in greenhouse. The GS was located at 60 cm above the plant and measured the average NDVI. This sensor has red and NIR diodes which reflect and absorb the spectra in 660±15nm and 770±15nm regions, respectively. The SPAD values were recorded by inserting the middle portion of the index leaf in the slit of SPAD meter. As well as, chlorophyll meter can confirm the GreenSeeker output (NDVI). GreenSeeker is a suitable optical sensor because it is not affected by light and temperature variation or wind intensity.

Statistical analyses were performed on the pooled data of both tomato and cucumber using Statistical Product and Service Solutions (SPSS). Regression equations were fitted between fertilizer and the readings recorded with different gadgets at different growth stages.

Results and Discussion

Chlorophyll content and NDVI of tomato and cucumber increased during the growing stages except in 71st DAP for cucumber. The percentage of total nitrogen of 1^{st}, 2^{nd} and 3^{rd} treatments were further than two others because of supplementary fertilizer. According to the Kjeldahl result of cucumber, the 3^{rd} treatment had the lowest nitrogen accumulation in fruits. In addition, chlorophyll and NDVI of cucumber almost showed the increasing correlation by fertilizer enhancement while the opposite behavior was seen for tomato. That would be related to different fertilizer needs of them. The linear regression of fertilizer and reading NDVI of 2^{nd} to 5^{th} treatments were ascending. The number of increasing leaves was calculated in all pots every weeks as another studied element. Each pot had new grown leaves every weeks that was more or sometimes less than last weeks. However, accurate correlation coefficient was reported with NDVI in all treatments, whereas chlorophyll did not show a direct relation.

1- M.Sc. student of Biosystem Engineering, Bu-ali Sina University, Hamadan, Iran
2- Assistant Professor of Mechanics of Biosystem Engineering, Bu-ali Sina University, Hamadan, Iran
(*- Corresponding Autour Email: hosna.mohamadi@basu.ac.ir)

Conclusions

The result of the study confirmed the useful GreanSeeker as an accurate and fast technology for prediction of NDVI. Among different fertilizer treatments of cucumber, 3rd one showed the acceptable results. Since tomatoes did not reach to fertility stage, it would not possible to extract the best nitrogen fertilizer treatments. It is obvious that evaluation of pots in complete growth stages reach us to codify manual fertilization.

Keywords: Chlorophyll, GreenSeeker, Nitrogen, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), SPAD